

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

تعیین بار خردکننده مناسب مدار خردایش باد نظر گرفتن پارامترهای عملیاتی برای مجتمع فسات اسفوردی

دانشجو:

حمیدروشنی

اساتید راهنما:

دکتر رضا خالوکا کانی - دکتر محمد کارآموزیان

استاد مشاور:

مهندس علی حافظی فر

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

دی ماه ۱۳۸۹

شماره: ۶۱۷۶۷
تاریخ: ۱۸/۱/۸۹
ویرایش:

بسمه تعالی



فرم صورتجلسه دفاع پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای حمید روشنی رشته مهندسی معدن گرایش استخراج معدن تحت عنوان تعیین بار خردکننده مناسب مدار خردایش با در نظر گرفتن پارامترهای عملیاتی برای مجتمع فسفات اسفوردی که در تاریخ ۸۹/۱۰/۱۳ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح زیر است:

<input type="checkbox"/> مردود	<input type="checkbox"/> دفاع مجدد	<input checked="" type="checkbox"/> قبول (با درجه: <u>بسیار خوب</u> امتیاز: ۱۷-)
--------------------------------	------------------------------------	--

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاداراهنما	رضا خالوکا کانی	دانشیار	
۲- استاد راهنما	محمد کارآموزیان	استادیار	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	حسین میرزایی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	محمد عطایی	استادیار	
۵- استاد ممتحن	فرهنگ سرشکی	استادیار	

تأیید رئیس دانشکده:

تقدیم بہ

والدین مہربانم کہ دعایشان بدرقہ مسیر زندگی ام است

روح پاک برادرم

و

ہمسفر عزیزم

تشکر و قدردانی

اینجانب بر خود لازم می‌دانم که در این چند خط محدود از تلاش‌ها و کمک‌های بی‌حد و حصر اساتید راهنمای خودم آقایان دکتر رضا کاکایی و دکتر محمد کارآموزیان کمال تشکر را داشته باشم، که در مسیر تهیه و ارائه این پروژه کمال همکاری را با اینجانب داشته‌اند.

در ادامه از جناب آقایان مهندس محمد قدیری، مرتضی کاظمی، رضا افروغ، بهزاد سعیدی و حبیب عشقی کمال تشکر را داشته که اینجانب را در انجام این تحقیق یاری کردند.

همچنین از تمامی کارکنان کارخانه فسفات اسفوردی علی‌الخصوص مهندس احمد توکلی تشکر و سپاسگزاری را دارم.

در انتها از خانواده‌ام که در تمامی مراحل زندگی یار و همراه من بودند تشکر و قدردانی می‌کنم.

تعهد نامه

اینجانب *محمد علی...* دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته *استخراج معدن* دانشگاه *فردوسی* صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه *تاثیر سولفات بر خواص سیمان* تحت راهنمایی *دکتر کارا آموزیان* متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیر گذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ *۸۹/۱۰/۱۴*

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

* متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد

چکیده

خردایش از نظر آزادسازی کانی‌های با ارزش، کاهش هزینه‌های فرآوری، کاهش مصرف مواد شیمیایی و تجهیزات و کاهش زمان فرآوری جایگاه ویژه‌ای در صنعت فرآوری مواد معدنی دارد. برای خردایش بسته به نوع بار خردکننده از انواع مختلف آسیاهای گلوله‌ای و میله‌ای استفاده می‌شود. با توجه به اینکه در این آسیاها، گلوله‌ها یا میله‌ها در ضمن کار، شکل اصلی خود را بر اثر سایش از دست می‌دهند. این امر باعث افت شدید کارایی آسیا شده و هزینه هنگفتی را به کارخانه کانه‌آرایی تحمیل می‌نماید. به دلیل ترکیبات متفاوت سنگ‌های معدنی و تنوع خصوصیات فیزیکی و مکانیکی آنها، استفاده از گلوله‌ها یا میله‌هایی با شرایط خاص ضرورت پیدا می‌کند.

هدف از این تحقیق انتخاب بار خردکننده مناسب برای معدن فسفات اسفوردی می‌باشد که در آن ابتدا عوامل موثر و تاثیر هر کدام از این عوامل را در انتخاب بار خردکننده شناسایی و سپس با استفاده از تکنیک‌های مختلفی که توانایی تصمیم‌گیران را برای تعیین گزینه مناسب افزایش می‌دهند، با کنار هم قرار دادن این عوامل و روش‌ها اقدام به انتخاب بار خردکننده مناسب کرده و در نهایت نتایج حاصله به صورت خروجی نمایش داده می‌شود. به منظور تعیین بار خردکننده مناسب با توجه به انواع محدود گلوله‌ها و میله‌های تولید شده توسط کارخانه‌های سازنده و پس از بررسی‌های انجام شده در رابطه با امکان استفاده از این گلوله‌ها و میله‌ها در معدن فسفات اسفوردی چهار نوع گلوله و چهار نوع میله انتخاب گردید. در مرحله بعد با توجه به پارامترهای مربوط به بار خردکننده شامل ابعاد، سختی، دانسیته، قیمت و پارامترهای مربوط به خوراک ورودی به آسیا شامل ابعاد خوراک ورودی، سختی ماده معدنی، دانسیته ماده معدنی و پارامترهای مربوط به شرایط عملیاتی آسیا شامل سرعت آسیا، دبی بار ورودی، اندیس کار، اندیس سایش، درصد مواد جامد، درصد پرشدگی آسیا، درصد شارژ بار خردکننده و توان مصرفی آسیا و با

استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی گزینه مناسب انتخاب شده است. از آن جا که برای انتخاب گلوله و میله از دو روش AHP و FAHP استفاده شد، لذا برای اولویت‌بندی گزینه‌ها از روش‌های ادغام جواب‌ها (روش میانگین رتبه‌ها) استفاده شده است که در نهایت گلوله فولادی کروم‌دار، محصول شرکت داکتیل ماشین و میله فولادی کروم‌دار محصول شرکت ISC توکیو انتخاب شده است.

کلمات کلیدی: تصمیم‌گیری چند معیاره فازی، بار خردکننده، گلوله، میله، آسیا

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: کلیات

۲	۱-۱-مقدمه.....
۳	۲-۱-تاریخچه کارهای انجام شده.....
۴	۳-۱-طرح مساله.....
۴	۴-۱-اهداف و روش تحقیق.....
۵	۵-۱-جمع‌آوری اطلاعات.....
۶	۶-۱-فصل‌بندی مطالب.....

فصل دوم: بررسی روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره

۸	۱-۲-مقدمه.....
۹	۲-۲-روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره.....
۱۰	۱-۲-۲-مدلهای تصمیم‌گیری چند هدفه.....
۱۰	۲-۲-۲-مدلهای تصمیم‌گیری چند شاخصه.....
۱۰	۳-۲-روشهای تصمیم‌گیری چند شاخصه.....
۱۲	۱-۳-۲-روش مجموع وزن دار ساده.....
۱۴	۲-۳-۲-روش تسلط تقریبی ۱.....
۲۰	۲-۳-۲-روش تسلط تقریبی ۲.....
۲۳	۲-۳-۲-روش تسلط تقریبی ۳.....
۲۷	۳-۳-۲-روش شباهت به گزینه ایده‌آل.....
۳۲	۴-۳-۲-فرایند تحلیل سلسله مراتبی.....
۳۷	۴-۲-روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی.....
۳۷	۱-۴-۲-تئوری مجموعه‌های فازی.....
۴۰	۲-۴-۲-روش شباهت به گزینه ایده‌آل فازی.....
۴۴	۳-۴-۲-روش تحلیل سلسله مراتبی فازی.....

فصل سوم: ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه

۵۱	۱-۳-مروری بر تاریخچه مطالعات انجام شده.....
۵۱	۲-۳-موقعیت جغرافیایی و آب و هوایی.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۵۲	۳-۳- زمین شناسی عمومی منطقه.....
۵۳	۳-۴- ناخالصی های شیمیایی همراه آپاتیت.....
۵۴	۳-۴-۱- کلر.....
۵۴	۳-۴-۲- فلئوئورین.....
۵۴	۳-۴-۳- منیزیم.....
۵۴	۳-۴-۴- آهن، آلومینیوم و کلسیم.....
۵۵	۳-۴-۵- عناصر خاکی.....
۵۵	۳-۵- منشأ کانسار فسفات اسفوردی.....
۵۶	۳-۶- هندسه و نحوه گسترش افقهای معدنی کانسار فسفات اسفوردی.....
۵۷	۳-۸- استخراج معدن.....
۵۸	۳-۹- مراحل راه اندازی کارخانه.....
۵۹	۳-۱۰- واحدهای کارخانه.....
۵۹	۳-۱۰-۱- واحد سنگ شکنی.....
۶۱	۳-۱۰-۲- واحد آسیا.....
۶۷	۳-۱۱- کارخانه فرآوری اسفوردی.....
۶۹	۳-۱۲- مروری بر پروژه های انجام شده در واحد فرآوری آپاتیت فسفات اسفوردی.....

فصل چهارم: پارامترهای موثر بر کارایی آسیاها جهت انتخاب بار خردکننده

۷۱	۴-۱- مقدمه.....
۷۱	۴-۲- عوامل موثر بر آهنگ خردایش و کارایی آسیاها.....
۷۱	۴-۲-۱- ابعاد واسطه.....
۷۵	۴-۲-۱-۱- توزیع ابعاد گلوله.....
۷۶	۴-۲-۱-۲- ابعاد گلوله های جایگزین.....
۷۷	۴-۲-۱-۳- طول میله.....
۷۸	۴-۲-۱-۴- قطر میله.....
۷۹	۴-۲-۱-۵- قطر میله جایگزین.....
۷۹	۴-۲-۲- نوع واسطه.....
۸۰	۴-۲-۳- سختی واسطه ها.....

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۸۰	.....۴-۲-۴-چگالی واسطه
۸۲	.....۴-۲-۵-سایش گلوله
۸۳	.....۴-۲-۶-ابعاد خوراک ورودی
۸۵	.....۴-۲-۶-۱-کنترل خرج ویژه
۸۵	.....۴-۲-۶-۲-کنترل عملیات سنگ‌شکنی
۸۵	.....۴-۲-۷-سختی ماده معدنی
۸۶	.....۴-۲-۸-دانسیته ماده معدنی
۸۷	.....۴-۲-۹-سرعت آسیا
۸۸	.....۴-۲-۱۰-دبی بار ورودی
۸۸	.....۴-۲-۱۱-اهمیت اندیس کار و اندیس سایش
۸۹	.....۴-۲-۱۲-درصد مواد جامد
۸۹	.....۴-۲-۱۳-توان مصرفی آسیا
۹۰	.....۴-۲-۱۴-پرشدگی آسیا
۹۱	.....۴-۲-۱۵-میزان pH
۹۱	.....۴-۲-۱۶-حجم بار گلوله‌ای
۹۲	.....۴-۳-۳-معیارهای مؤثر برای انتخاب بار خردکننده مناسب آسیاهای مدار فرآوری معدن فسفات اسفوردی
۹۳	.....۴-۳-۱-گزینه‌های پیشنهادی انتخاب گلوله و میله
۹۴	.....۴-۳-۲-گزینه‌های پیشنهادی انتخاب گلوله
۹۴	.....۴-۳-۳-گزینه‌های پیشنهادی انتخاب میله

فصل پنجم: انتخاب بار خردکننده مناسب برای مجتمع فسفات اسفوردی

۹۶	.....۵-۱-مقدمه
۹۷	.....۵-۲-انتخاب گلوله مناسب برای آسیای گلوله‌ای با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی
۱۱۴	.....۵-۳-انتخاب میله مناسب برای آسیای میله‌ای با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی
۱۲۲	.....۵-۴-تعیین گلوله مناسب برای آسیای گلوله‌ای معدن فسفات اسفوردی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره فازی
۱۲۴	.....۵-۴-۱-انتخاب گلوله برای آسیای گلوله‌ای معدن فسفات اسفوردی با استفاده از روش FAHP

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۵۰	۵-۵- انتخاب میله برای آسیای میله‌ای معدن فسفات اسفوردی با استفاده از روش FAHP.....
۱۷۰	۵-۶- جمع‌بندی فصل.....

فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۱۷۳	۶-۱- نتیجه‌گیری.....
۱۷۴	پیشنهادات.....
۱۷۶	منابع.....

فهرست شکل‌ها

۳۹	شکل ۲-۲- عدد فازی با تابع عضویت مثلثی
۴۸	شکل ۲-۳- درجه بزرگی دو عدد فازی نسبت به هم
۵۲	شکل ۳-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه
۶۱	شکل ۳-۲- نمایی از گریزلی ابتدای واحد سنگ‌شکنی
۶۱	شکل ۳-۳- سرند لرزان دو طبقه واحد سنگ‌شکنی
۶۵	شکل ۳-۴- نمایی از هیدروسیکلون واحد آسیا
۶۶	شکل ۳-۵- نمایی از انبار واحد آسیا
۶۶	شکل ۳-۶- نمایی از دو آسیای میله‌ای و گلوله‌ای
۶۷	شکل ۳-۷- مدار سنگ‌شکنی مدار فرآوری معدن فسفات اسفوردی
۶۸	شکل ۳-۸- مدار آسیاها مدار فرآوری معدن اسفوردی
۶۸	شکل ۳-۹- مدار بازیابی آپاتیت کارخانه فرآوری اسفوردی
۷۴	شکل ۴-۱- نمودار مقایسه نرخ شکست با اندازه ذرات برای دو اندازه گلوله
۸۴	شکل ۴-۲- اندازه ذرات محصول برای آسیای گلوله‌ای و میله‌ای
۱۰۰	شکل ۵-۱- نمایش گرافیکی برای انتخاب گلوله مناسب
۱۰۳	شکل ۵-۲- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار سختی گلوله
۱۰۴	شکل ۵-۳- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار اندازه گلوله
۱۰۴	شکل ۵-۴- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار قیمت

- شکل ۵-۵- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار بازدهی ۱۰۵
- شکل ۵-۶- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار وزن مخصوص گلوله ۱۰۶
- شکل ۵-۷- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار سختی ماده معدنی ۱۰۶
- شکل ۵-۸- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار دانسیته ماده معدنی ۱۰۷
- شکل ۵-۹- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار ابعاد بار ورودی ۱۰۸
- شکل ۵-۱۰- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار دبی بار ورودی ۱۰۸
- شکل ۵-۱۱- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار سرعت نسبی آسیا ۱۰۹
- شکل ۵-۱۲- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار اندیس کار ۱۱۰
- شکل ۵-۱۳- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار اندیس سایش ۱۱۰
- شکل ۵-۱۴- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار درصد مواد جامد ۱۱۱
- شکل ۵-۱۵- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار درصد پرشدگی آسیا ۱۱۲
- شکل ۵-۱۶- امتیاز گزینه‌های مختلف نسبت به معیار مصرف برق آسیا ۱۱۲
- شکل ۵-۱۷- نمودار تحلیل سلسه مراتبی انتخاب میله برای آسیای میله‌ای ۱۱۵
- شکل ۵-۱۸- نمودار تحلیل سلسه مراتبی انتخاب گلوله برای آسیای گلوله‌ای ۱۲۶
- شکل ۵-۱۹- نمودار فراوانی سختی گلوله ۱۲۷
- شکل ۵-۲۰- نمودار فراوانی اندازه گلوله برای کاهش نرمه ۱۲۸
- شکل ۵-۲۱- نمودار فراوانی قیمت گلوله ۱۲۸
- شکل ۵-۲۲- نمودار فراوانی وزن مخصوص گلوله ۱۲۹
- شکل ۵-۲۳- نمودار فراوانی سختی ماده معدنی ۱۲۹
- شکل ۵-۲۴- نمودار فراوانی دانسیته ماده معدنی ۱۳۰
- شکل ۵-۲۵- نمودار فراوانی ابعاد بار ورودی ۱۳۰
- شکل ۵-۲۶- نمودار فراوانی دبی بار ورودی ۱۳۱
- شکل ۵-۲۷- نمودار فراوانی سرعت نسبی آسیا ۱۳۱
- شکل ۵-۲۸- نمودار فراوانی اندیس کار ۱۳۲
- شکل ۵-۲۹- نمودار فراوانی اندیس سایش ۱۳۲
- شکل ۵-۳۰- نمودار فراوانی درصد مواد جامد ۱۳۳
- شکل ۵-۳۱- نمودار فراوانی درصد پرشدگی آسیا ۱۳۳
- شکل ۵-۳۲- نمودار فراوانی مصرف برق آسیا ۱۳۴
- شکل ۵-۳۳- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار سختی گلوله ۱۴۵
- شکل ۵-۳۴- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار اندازه گلوله ۱۴۵

- شکل ۵-۳۵- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار قیمت ۱۴۵
- شکل ۵-۳۶- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار درصد شارژ گلوله ۱۴۶
- شکل ۵-۳۷- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار وزن مخصوص گلوله ۱۴۶
- شکل ۵-۳۸- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار سختی ماده معدنی ۱۴۶
- شکل ۵-۳۹- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار دانسیته ماده معدنی ۱۴۷
- شکل ۵-۴۰- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار ابعاد بار ورودی ۱۴۷
- شکل ۵-۴۱- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار دبی بار ورودی ۱۴۷
- شکل ۵-۴۲- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار سرعت نسبی آسیا ۱۴۸
- شکل ۵-۴۳- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس کار ۱۴۸
- شکل ۵-۴۴- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس سایش ۱۴۸
- شکل ۵-۴۵- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار درصد مواد جامد ۱۴۹
- شکل ۵-۴۶- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار درصد پرشدگی آسیا ۱۴۹
- شکل ۵-۴۷- نمودار میله‌ای وزن گزینه‌ها نسبت به معیار مصرف برق آسیا ۱۴۹
- شکل ۵-۴۸- نمودار سلسه مراتبی برای انتخاب میله ۱۵۱
- شکل ۵-۴۹- نمودار فراوانی سختی میله ۱۵۲
- شکل ۵-۵۰- نمودار فراوانی اندازه میله برای کاهش نرمه ۱۵۲
- شکل ۵-۵۱- نمودار فراوانی قیمت میله ۱۵۳
- شکل ۵-۵۲- نمودار فراوانی درصد شارژ میله ۱۵۳
- شکل ۵-۵۳- نمودار فراوانی وزن مخصوص میله ۱۵۴
- شکل ۵-۵۴- نمودار فراوانی سختی ماده معدنی ۱۵۴
- شکل ۵-۵۵- نمودار فراوانی دانسیته ماده معدنی ۱۵۵
- شکل ۵-۵۶- نمودار فراوانی ابعاد بار ورودی ۱۵۵
- شکل ۵-۵۷- نمودار فراوانی دبی بار ورودی ۱۵۶
- شکل ۵-۵۸- نمودار فراوانی سزعت نسبی آسیا ۱۵۶
- شکل ۵-۵۹- نمودار فراوانی اندیس کار ۱۵۷
- شکل ۵-۶۰- نمودار فراوانی اندیس سایش ۱۵۷
- شکل ۵-۶۱- نمودار فراوانی درصد مواد جامد ۱۵۸
- شکل ۵-۶۲- نمودار فراوانی درصد پرشدگی آسیا ۱۵۸
- شکل ۵-۶۳- نمودار فراوانی مصرف برق آسیا ۱۵۹

فهرست جداول

۴	جدول ۱-۱- تعدادی از کاربردهای تصمیم‌گیری چند معیاره
۱۱	جدول ۱-۲- انواع روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه
۳۳	جدول ۲-۲- مقادیر ترجیحات برای مقایسات زوجی
۳۶	جدول ۲-۳- شاخص ناسازگاری ماتریس تصادفی
۴۶	جدول ۲-۴- اعداد تعریف شده در روش FAHP
۵۵	جدول ۳-۱- توزیع عناصر نادر در آپاتیت اسفوردی
۵۷	جدول ۳-۲- مشخصات افق‌های معدنی فسفات اسفوردی
۶۲	جدول ۳-۳- مشخصات فنی و عملیاتی واحد سنگ‌شکنی
۶۲	جدول ۳-۴- مشخصات فنی و عملیاتی سنگ‌شکن فکی
۶۲	جدول ۳-۵- مشخصات فنی و عملیاتی سنگ‌شکن مخروطی
۶۲	جدول ۳-۶- مشخصات فنی و عملیاتی سنگ‌شکن مخروطی
۶۴	جدول ۳-۷- مشخصات فنی و عملیاتی واحد آسیا
۶۴	جدول ۳-۸- مشخصات فنی و عملیاتی آسیای میله‌ای
۶۴	جدول ۳-۹- مشخصات فنی و عملیاتی آسیای گلوله‌ای
۶۵	جدول ۳-۱۰- مشخصات فنی و عملیاتی هیدروسیکلون
۷۳	جدول ۴-۱- ضریب K برای آسیاهای گلوله‌ای
۷۵	جدول ۴-۲- ارتباط بین اندازه واسطه و تعداد گلوله‌ها در هر واحد جرم
۷۹	جدول ۴-۳- خصوصیات واسطه
۹۸	جدول ۵-۱- نمونه فرم پرسش‌نامه برای انتخاب گلوله
۹۸	جدول ۵-۲- گزینه‌های در نظر گرفته شده برای انتخاب گلوله مناسب در معدن فسفات اسفوردی
۹۹	جدول ۵-۳- معیارهای در نظر گرفته شده برای انتخاب بهترین گلوله
۱۰۱	جدول ۵-۴- ماتریس مقایسه‌ی زوجی معیارها نسبت به هدف اصلی
۱۰۲	جدول ۵-۵- ماتریس مقایسه زوجی برای تصمیم‌گیرنده اول
۱۰۲	جدول ۵-۶- ماتریس مقایسه زوجی برای تصمیم‌گیرنده دوم
۱۰۲	جدول ۵-۷- ماتریس مقایسه زوجی برای تصمیم‌گیرنده سوم
۱۰۲	جدول ۵-۸- ماتریس مقایسه زوجی برای تصمیم‌گیرنده چهارم
۱۰۲	جدول ۵-۹- ماتریس مقایسه زوجی برای تصمیم‌گیرنده پنجم

- جدول ۵-۱۰- ماتریس مقایسه زوجی برای تصمیم‌گیرنده ششم ۱۰۲
- جدول ۵-۱۱- ماتریس مقایسه زوجی برای تصمیم‌گیرنده هفتم ۱۰۲
- جدول ۵-۱۲- ماتریس مقایسه زوجی برای تصمیم‌گیرنده هشتم ۱۰۲
- جدول ۵-۱۳- ماتریس نهایی مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی گلوله ۱۰۳
- جدول ۵-۱۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندازه گلوله ۱۰۳
- جدول ۵-۱۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار قیمت گلوله ۱۰۴
- جدول ۵-۱۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد شارژ گلوله ۱۰۵
- جدول ۵-۱۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار وزن مخصوص گلوله ۱۰۵
- جدول ۵-۱۸- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی ماده معدنی ۱۰۶
- جدول ۵-۱۹- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار دانسیته ماده معدنی ۱۰۷
- جدول ۵-۲۰- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار ابعاد بار ورودی ۱۰۷
- جدول ۵-۲۱- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار دبی بار ورودی ۱۰۸
- جدول ۵-۲۲- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سرعت نسبی آسیا ۱۰۹
- جدول ۵-۲۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس کار ۱۰۹
- جدول ۵-۲۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس سایش ۱۱۰
- جدول ۵-۲۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد مواد جامد ۱۱۱
- جدول ۵-۲۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد پرشدگی آسیا ۱۱۱
- جدول ۵-۲۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار مصرف برق آسیا ۱۱۲
- جدول ۵-۲۸- وزن گزینه‌ها نسبت به هر معیار ۱۱۳
- جدول ۵-۲۹- گزینه‌های در نظر گرفته شده برای انتخاب میله مناسب در معدن فسفات اسفوردی ۱۱۵
- جدول ۵-۳۰- معیارهای در نظر گرفته شده برای انتخاب بهترین میله ۱۱۵
- جدول ۵-۳۱- ماتریس مقایسه‌ی زوجی معیارها نسبت به هدف اصلی ۱۱۶
- جدول ۵-۳۲- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی میله ۱۱۷
- جدول ۵-۳۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندازه میله ۱۱۷
- جدول ۵-۳۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار قیمت میله ۱۱۷
- جدول ۵-۳۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد شارژ میله ۱۱۸
- جدول ۵-۳۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار وزن مخصوص میله ۱۱۸
- جدول ۵-۳۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی ماده معدنی ۱۱۸
- جدول ۵-۳۸- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار دانسیته ماده معدنی ۱۱۸

- جدول ۵-۳۹- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار ابعاد بار ورودی ۱۱۹
- جدول ۵-۴۰- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار دبی بار ورودی ۱۱۹
- جدول ۵-۴۱- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سرعت نسبی آسیا ۱۱۹
- جدول ۵-۴۲- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس کار ۱۱۹
- جدول ۵-۴۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس سایش ۱۲۰
- جدول ۵-۴۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد مواد جامد ۱۲۰
- جدول ۵-۴۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد پرشدگی آسیا ۱۲۰
- جدول ۵-۴۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار مصرف برق آسیا ۱۲۰
- جدول ۵-۴۷- وزن گزینه‌ها نسبت به هر معیار، وزن معیارها و نتیجه نهایی ۱۲۱
- جدول ۵-۴۸- متغیرهای زبانی برای ارزیابی اهمیت معیارها ۱۲۲
- جدول ۵-۴۹- متغیرهای زبانی برای رتبه‌بندی گزینه‌ها ۱۲۲
- جدول ۵-۵۰- اهمیت ترکیبی معیارها (وزن معیارها) ۱۲۳
- جدول ۵-۵۱- رتبه بندی ترکیبی گزینه‌ها ۱۲۴
- جدول ۵-۵۲- ماتریس مقایسه زوجی معیارها ۱۳۴
- جدول ۵-۵۳- مجموع اعداد هر یک از سطرهاى ماتریس مقایسه زوجی ۱۳۵
- جدول ۵-۵۴- وزن نهایی معیارها ۱۳۹
- جدول ۵-۵۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی گلوله ۱۴۰
- جدول ۵-۵۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندازه گلوله ۱۴۰
- جدول ۵-۵۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار قیمت گلوله ۱۴۰
- جدول ۵-۵۸- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد شارژ گلوله ۱۴۱
- جدول ۵-۵۹- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار وزن مخصوص گلوله ۱۴۱
- جدول ۵-۶۰- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی ماده معدنی ۱۴۱
- جدول ۵-۶۱- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار دانسیته ماده معدنی ۱۴۱
- جدول ۵-۶۲- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار ابعاد بار ورودی ۱۴۲
- جدول ۵-۶۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار دبی بار ورودی ۱۴۲
- جدول ۵-۶۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سرعت نسبی آسیا ۱۴۲
- جدول ۵-۶۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس کار ۱۴۲
- جدول ۵-۶۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس سایش ۱۴۳
- جدول ۵-۶۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد مواد جامد ۱۴۳

- جدول ۵-۶۸- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد پرشدگی آسیا ۱۴۳
- جدول ۵-۶۹- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار مصرف برق آسیا ۱۴۳
- جدول ۵-۷۰- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی گلوله ۱۴۴
- جدول ۵-۷۱- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار اندازه گلوله ۱۴۴
- جدول ۵-۷۲- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار قیمت گلوله ۱۴۴
- جدول ۵-۷۳- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد شارژ گلوله ۱۴۵
- جدول ۵-۷۴- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار وزن مخصوص گلوله ۱۴۵
- جدول ۵-۷۵- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی ماده معدنی ۱۴۵
- جدول ۵-۷۶- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار دانسیته ماده معدنی ۱۴۶
- جدول ۵-۷۷- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار ابعاد بار ورودی ۱۴۶
- جدول ۵-۷۸- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار دبی بار ورودی ۱۴۶
- جدول ۵-۷۹- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار سرعت نسبی آسیا ۱۴۷
- جدول ۵-۸۰- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس کار ۱۴۷
- جدول ۵-۸۱- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس سایش ۱۴۷
- جدول ۵-۸۲- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد مواد جامد ۱۴۸
- جدول ۵-۸۳- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد پرشدگی آسیا ۱۴۸
- جدول ۵-۸۴- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار مصرف برق آسیا ۱۴۸
- جدول ۵-۸۵- وزن نهایی معیارها ۱۵۹
- جدول ۵-۸۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی میله ۱۵۹
- جدول ۵-۸۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندازه میله ۱۶۰
- جدول ۵-۸۸- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار قیمت میله ۱۶۰
- جدول ۵-۸۹- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد شارژ میله ۱۶۰
- جدول ۵-۹۰- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار وزن مخصوص میله ۱۶۰
- جدول ۵-۹۱- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی ماده معدنی ۱۶۱
- جدول ۵-۹۲- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار دانسیته ماده معدنی ۱۶۱
- جدول ۵-۹۳- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار ابعاد بار ورودی ۱۶۱
- جدول ۵-۹۴- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار دبی بار ورودی ۱۶۱

- جدول ۵-۹۵- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار سرعت نسبی آسیا ۱۶۲
- جدول ۵-۹۶- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس کار ۱۶۲
- جدول ۵-۹۷- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس سایش ۱۶۲
- جدول ۵-۹۸- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد مواد جامد ۱۶۲
- جدول ۵-۹۹- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد پرشدگی آسیا ۱۶۳
- جدول ۵-۱۰۰- ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها نسبت به معیار مصرف برق آسیا ۱۶۳
- جدول ۵-۱۰۱- مقدار Si برای ماتریس‌های مقایسه زوجی ۱۶۳
- جدول ۵-۱۰۲- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار سختی میله ۱۶۴
- جدول ۵-۱۰۳- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار اندازه میله ۱۶۴
- جدول ۵-۱۰۴- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار قیمت میله ۱۶۵
- جدول ۵-۱۰۵- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار درصد شارژ میله ۱۶۵
- جدول ۵-۱۰۶- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار دانسیته میله ۱۶۵
- جدول ۵-۱۰۷- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار سختی خوراک ۱۶۵
- جدول ۵-۱۰۸- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار دانسیته خوراک ۱۶۵
- جدول ۵-۱۰۹- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار ابعاد بار ورودی ۱۶۵
- جدول ۵-۱۱۰- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار دبی بار ورودی ۱۶۶
- جدول ۵-۱۱۱- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار سرعت آسیا ۱۶۶
- جدول ۵-۱۱۲- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار اندیس کار ۱۶۶

- جدول ۵-۱۱۳- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار
اندیس سایش ۱۶۶
- جدول ۵-۱۱۴- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار درصد
مواد جامد ۱۶۶
- جدول ۵-۱۱۵- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار
پرشدگی آسیا ۱۶۶
- جدول ۵-۱۱۶- محاسبه درجه بزرگی برای ماتریس مقایسه زوجی گزینه‌ها و معیار مصرف
برق آسیا ۱۶۷
- جدول ۵-۱۱۷- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی میله ۱۶۷
- جدول ۵-۱۱۸- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار اندازه میله ۱۶۷
- جدول ۵-۱۱۹- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار قیمت میله ۱۶۷
- جدول ۵-۱۲۰- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد شارژ میله ۱۶۷
- جدول ۵-۱۲۱- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار وزن مخصوص میله ۱۶۷
- جدول ۵-۱۲۲- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار سختی ماده معدنی ۱۶۷
- جدول ۵-۱۲۳- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار دانسیته ماده معدنی ۱۶۷
- جدول ۵-۱۲۴- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار ابعاد بار ورودی ۱۶۷
- جدول ۵-۱۲۵- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار دبی بار ورودی ۱۶۸
- جدول ۵-۱۲۶- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار سرعت نسبی آسیا ۱۶۸
- جدول ۵-۱۲۷- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس کار ۱۶۸
- جدول ۵-۱۲۸- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار اندیس سایش ۱۶۸
- جدول ۵-۱۲۹- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد مواد جامد ۱۶۸
- جدول ۵-۱۳۰- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار درصد پرشدگی آسیا ۱۶۸
- جدول ۵-۱۳۱- وزن نهایی گزینه‌ها نسبت به معیار مصرف برق آسیا ۱۶۸
- جدول ۵-۱۳۲- بار خردکننده انتخاب شده برای آسیای گلوله‌ای و میله‌ای ۱۷۱